

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 27/12
21/205
21/265H 0 1 L 27/12
21/205
21/265

B

Q

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-239174

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月4日

(71) 出願人 000228925

三菱マテリアルシリコン株式会社
東京都千代田区大手町一丁目5番1号

(72) 発明者 中嶋 健

東京都千代田区大手町1丁目5番1号 三
菱マテリアルシリコン株式会社内

(72) 発明者 中井 哲弥

東京都千代田区大手町1丁目5番1号 三
菱マテリアルシリコン株式会社内

(72) 発明者 富澤 憲治

東京都千代田区大手町1丁目5番1号 三
菱マテリアルシリコン株式会社内

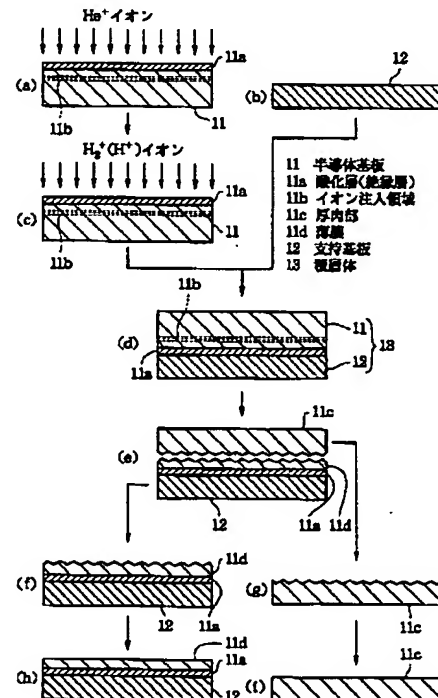
(74) 代理人 弁理士 須田 正義

(54) 【発明の名称】 SOI 基板の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 ヘリウムイオン注入後に水素ガスイオン又は水素分子イオンを注入することにより効率的に半導体基板のイオン注入領域に気泡を発生できる。

【解決手段】 本発明のSOI基板の製造方法では、まず表面に絶縁層11aが形成された半導体基板11に水素ガスイオン又は水素分子イオン及び希ガスイオンを注入して半導体基板11内部に絶縁層11aに平行なイオン注入領域11bを形成した後に、上記半導体基板11を支持基板12に重ね合わせて積層体13を形成する。次に積層体13を所定の温度に昇温して半導体基板11をイオン注入領域11bで厚肉部11c及び薄膜11dに分離する。上記半導体基板11内部への注入イオンは水素ガスイオン又は水素分子イオン及びヘリウムイオンであり、これらのイオンの注入順序はヘリウムイオンを注入した後に水素ガスイオン又は水素分子イオンを注入する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 表面に絶縁層(11a)が形成された半導体基板(11)に水素ガスイオン又は水素分子イオン及び希ガスイオンを注入して前記半導体基板(11)内部に前記絶縁層(11a)に平行なイオン注入領域(11b)を形成する工程と、
前記半導体基板(11)を支持基板(12)に重ね合わせて積層体(13)を形成する工程と、
前記積層体(13)を所定の温度に昇温して前記半導体基板(11)を前記イオン注入領域(11b)で厚肉部(11c)及び薄膜(11d)に分離する工程とを含むSOI基板の製造方法において、
前記半導体基板(11)内部への注入イオンが前記水素ガスイオン又は前記水素分子イオン及びヘリウムイオンであり、
前記イオンの注入順序が前記ヘリウムイオンを注入した後に前記水素ガスイオン又は前記水素分子イオンを注入したことを特徴とするSOI基板の製造方法。

【請求項2】 ヘリウムイオンの注入量が $0.5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ であり、かつ水素ガスイオンの注入量が $3.0 \times 10^{16} \sim 4.5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ である請求項1記載のSOI基板の製造方法。

【請求項3】 ヘリウムイオンの注入量が $0.5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ であり、かつ水素分子イオンの注入量が $1.5 \times 10^{16} \sim 2.0 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ である請求項1記載のSOI基板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、単結晶の薄膜を支持基板上に有するSOI基板の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】この種のSOI基板は将来の超高集積回路(ULSI)基板として注目されてきている。このSOI基板の製造方法には、①シリコン基板同士を絶縁膜を介して貼り合わせる方法、②絶縁性基板又は絶縁性薄膜を表面に有する基板の上にシリコン薄膜を堆積させる方法、③シリコン基板の内部に高濃度の酸素イオンを注入した後、高温でアニール処理してこのシリコン基板表面から所定の深さの領域に埋込みシリコン酸化層を形成し、その表面側のSi層を活性領域とするSIMOX法などがある。

【0003】また最近、半導体基板に水素イオン等の注入を行った後に、この半導体基板をイオン注入面を重ね合せ面として支持基板に重ね合せ、この積層体を500℃を越える温度に昇温して上記半導体基板を上記水素イオン等を注入した部分で支持基板から分離し、支持基板の表面に薄膜を有する薄い半導体材料フィルムの製造方法が提案されている(特開平5-211128)。この方法では、イオンを半導体基板の内部に表面から均一に

注入できれば、均一な厚さの薄膜を有する半導体基板が得られる。また支持基板の表面に予め酸化層を設けておけば、この方法によりSOI基板を製造することができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記従来の薄い半導体材料フィルムの製造方法では、半導体基板に水素イオンのみを注入した場合に、比較的多くの量を注入しなければならず、イオン注入に比較的多くの時間を要する不具合があった。また上記従来の薄い半導体材料フィルムの製造方法が記載された特許公報には、水素ガスイオン及び希ガスイオンを2種以上組合せて使用できるとは記載されているが、どのような組合せ及び注入順序が好ましいかについては全く言及されていない。

【0005】本発明の目的は、ヘリウムイオン等の希ガスイオン注入後に水素ガスイオン又は水素分子イオンを注入することにより効率的に半導体基板のイオン注入領域に気泡を発生できるSOI基板の製造方法を提供することにある。本発明の別の目的は、従来の水素イオンを単独で注入した場合より少ないイオンのトータル注入量でイオン注入領域に気泡を発生できるSOI基板の製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、半導体基板に水素ガスイオン又は水素分子イオン及び希ガスイオンを組合せて注入する実験を繰返したところ、イオンの注入順序を変えることによりイオンのトータル注入量が大きく相違することを見出して本発明に到達した。

【0007】請求項1に係る発明は、図1に示すように、表面に絶縁層11aが形成された半導体基板11に水素ガスイオン又は水素分子イオン及び希ガスイオンを注入して半導体基板11内部に絶縁層11aに平行なイオン注入領域11bを形成する工程と、半導体基板11を支持基板12に重ね合わせて積層体13を形成する工程と、積層体13を所定の温度に昇温して半導体基板11をイオン注入領域11bで厚肉部11c及び薄膜11dに分離する工程とを含むSOI基板の製造方法の改良である。その特徴ある構成は、半導体基板11内部への注入イオンが水素ガスイオン又は水素分子イオン及びヘリウムイオンであり、イオンの注入順序がヘリウムイオンを注入した後に水素ガスイオン又は水素分子イオンを注入したところにある。この請求項1に記載されたSOI基板では、水素ガスイオン又はヘリウムイオンを単独で注入したときと比べて、イオンのトータル注入量が同一となるようにヘリウムイオン注入後に水素ガスイオン又は水素分子イオンを注入して薄膜分離熱処理を行うと、イオン注入領域11bで気泡がより効率的に発生するので、半導体基板11が上記気泡を起点としてイオン注入領域11bでより容易に割れ、厚肉部11cと薄膜11dに分離する。

【0008】請求項2に係る発明は、請求項1に係る発明であって、更にヘリウムイオンの注入量が $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であり、かつ水素ガスイオンの注入量が $3.0 \times 10^{16} \sim 4.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であることを特徴とする。請求項3に係る発明は、請求項1に係る発明であって、更にヘリウムイオンの注入量が $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であり、かつ水素分子イオンの注入量が $1.5 \times 10^{16} \sim 2.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であることを特徴とする。この請求項2又は3に記載されたSOI基板の製造方法では、従来の水素ガスイオンを単独で注入した場合と比べて同等若しくは少ないイオンのトータル注入量で、薄膜分離熱処理時にイオン注入領域に気泡を発生させることができる。

【0009】

【発明の実施の形態】次に本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図1に示すように、本発明のSOI基板を製造するには、先ずシリコンウェーハからなる半導体基板11を熱酸化により基板11表面に絶縁層である酸化層11a (SiO_2 層)を形成する。次いでこの基板11にヘリウムイオン (He^+) を $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 以上のドーズ量でイオン注入した後に(図1(a))、水素ガスイオンである水素イオン (H^+) を $3.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 以上又は水素分子イオン (H_2^+) を $1.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 以上のドーズ量でイオン注入する(図1(c))。符号11bはヘリウムイオンやヘリウムイオン及び水素ガスイオンの注入により半導体基板11内部に形成されたイオン注入領域であり、このイオン注入領域11bは酸化層11aに平行に形成される。また水素ガスイオン (H^+) の場合には、水素分子イオン (H_2^+) の場合の約2倍の注入量が必要である。

【0010】次いで上記半導体基板11と同一表面積を有するシリコンウェーハからなる支持基板12を用意し(図1(b))、両基板11、12をRCA法により洗浄した後、支持基板12上に半導体基板11を室温で重ね合わせて積層体13を形成する(図1(d))。この積層体13を窒素 (N_2) 雰囲気中で $500 \sim 800^\circ\text{C}$ の範囲に昇温し、この温度範囲に $5 \sim 30$ 分間保持して薄膜分離熱処理を行う。これにより半導体基板11がイオン注入領域11bのところで割れて上部の厚肉部11cと下部の薄膜11dに分離する(図1(e))。ここで、上記熱処理の温度を $500 \sim 800^\circ\text{C}$ に限定したのは、 500°C 未満では水素による気泡内圧の上昇が十分でない不具合があり、 800°C を越えると気泡の成長が進んで表面粗さが増大する不具合があるからである。

【0011】次に上記半導体基板11がイオン注入領域11bで割れた積層体13の温度を下げ、酸化層11aを介して薄膜11dが積層された支持基板12(以下、単に支持基板12という)から半導体基板11の厚肉部11c(以下、単に厚肉部11cという)を取除き、こ

の支持基板12を酸素 (O_2) 又は窒素 (N_2) 雰囲気中で $900 \sim 1200^\circ\text{C}$ の範囲に昇温しこの温度範囲に $30 \sim 120$ 分間保持する熱処理を行う(図1(f))。この熱処理は薄膜11dの支持基板12への貼合せを強固にする熱処理である。更に支持基板12及び厚肉部11cの分離面をそれぞれ研磨(タッチポリッシング)して平滑化する(図1(h)及び図1(i))。これにより支持基板12はSOI基板となり、厚肉部11cは支持基板又は半導体基板として再びSOI基板の製造に使用できる。なお、上記実施の形態では、半導体基板の表面に熱酸化により絶縁層である酸化層 (SiO_2 層)を形成したが、半導体基板の表面に窒化処理等により絶縁層を形成してもよい。

【0012】

【実施例】次に本発明の実施例を図面に基づいて詳しく説明する。

<実施例1>図1(a)及び図1(c)に示すように、厚さ $625 \mu\text{m}$ のシリコンウェーハからなる半導体基板11を熱酸化して表面に厚さ 400nm の酸化層11aを形成した(図1(a))。この半導体基板11に 90keV の電圧を印加してヘリウムイオン (He^+) を $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 注入した後に(図1(a))、この半導体基板に 120keV の電圧を印加して水素分子イオン (H_2^+) を $1.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 注入した(図1(c))。この半導体基板11を実施例1とした。

<実施例2>ヘリウムイオン及び水素分子イオンの注入量がそれぞれ $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 及び $1.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であることを除いて、上記実施例1と同様に作製した半導体基板を実施例2とした。

【0013】<実施例3>ヘリウムイオン及び水素分子イオンの注入量がそれぞれ $2.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 及び $1.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であることを除いて、上記実施例1と同様に作製した半導体基板を実施例3とした。

<実施例4>ヘリウムイオン及び水素分子イオンの注入量がそれぞれ $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 及び $2.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であることを除いて、上記実施例1と同様に作製した半導体基板を実施例4とした。

<実施例5>ヘリウムイオン及び水素分子イオンの注入量がそれぞれ $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 及び $2.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であることを除いて、上記実施例1と同様に作製した半導体基板を実施例5とした。

【0014】<比較例1>ヘリウムイオンを注入せず、水素分子イオンのみを $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ 注入したことを除いて、上記実施例1と同様に作製した半導体基板を比較例1とした。

<比較例2>水素分子イオンの注入量が $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ であることを除いて、上記比較例1と同様に作製した半導体基板を比較例2とした。

<比較例3>水素分子イオンの注入量が 1.5×10^{16}

／ cm^2 であることを除いて、上記比較例1と同様に作製した半導体基板を比較例3とした。

【0015】＜比較例4＞水素分子イオンの注入量が $2.0 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ であることを除いて、上記比較例1と同様に作製した半導体基板を比較例4とした。

＜比較例5＞水素分子イオンの注入量が $2.5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ であることを除いて、上記比較例1と同様に作製した半導体基板を比較例5とした。

＜比較例6＞水素分子イオンを注入せず、ヘリウムイオンのみを $0.5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ 注入したことを除いて、上記実施例1と同様に作製した半導体基板を比較例6とした。

【0016】＜比較例7＞ヘリウムイオンの注入量が $1.0 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ であることを除いて、上記比較例6と同様に作製した半導体基板を比較例7とした。

＜比較例8＞ヘリウムイオン及び水素分子イオンの注入量がそれぞれ $1.0 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ 及び $1.0 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ であることを除いて、上記実施例1と同様に作製した半導体基板を比較例8とした。

＜比較例9＞実施例2とはイオン注入順序を逆にした半導体基板を比較例9とした。即ち水素分子イオンを $1.5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ 注入した後に、ヘリウムイオンを

$1.0 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ 注入した半導体基板を比較例9とした。

【0017】＜比較試験及び評価＞実施例1～5及び比較例1～9の半導体基板を薄膜分離熱処理と同一のアニール処理、即ち窒素（ N_2 ）雰囲気中で 600°C に30分間保持した後に、各半導体基板の酸化膜表面にプリスタ（火ぶくれ）が発生したか否かを調べた。その結果を表1及び図3に示す。なお、アニール処理後のプリスタの発生の有無を調べたのは、ヘリウムイオン及び水素分子イオンの注入と貼合せ技術とを組合せてSOI基板を製造するためには、図2に示すように貼合せ無し状態でアニール処理後に半導体基板11のイオン注入領域11bで気泡11eが発生することが必要であり、この気泡11eが発生すると酸化膜11a表面にプリスタ11fが発生するためである。即ち、プリスタ11fの発生の有無によりイオン注入領域11bでの気泡11eの発生の有無を判断できるからである。また図3において白丸及び黒丸は火ぶくれが発生したことを示し、×印は火ぶくれが発生しなかったことを示す。

【0018】

【表1】

		第1回目の 注入イオン 及び その注入量 ($\times 10^{16} / \text{cm}^2$)	第2回目の 注入イオン 及び その注入量 ($\times 10^{16} / \text{cm}^2$)	イオンの トータル 注入量 ($\times 10^{16} / \text{cm}^2$)	プリスタ (火ぶくれ) の発生の 有無
実施例1	A ₁	He ⁺ 0.5	H ₂ ⁺ 1.5	2.0	有り
実施例2	A ₂	He ⁺ 1.0	H ₂ ⁺ 1.5	2.5	有り
実施例3	A ₃	He ⁺ 2.0	H ₂ ⁺ 1.5	3.5	有り
実施例4	A ₄	He ⁺ 1.0	H ₂ ⁺ 2.0	3.0	有り
実施例5	A ₅	He ⁺ 1.0	H ₂ ⁺ 2.5	3.5	有り
比較例1	B ₁	H ₂ ⁺ 0.5	—	0.5	無し
比較例2	B ₂	H ₂ ⁺ 1.0	—	1.0	無し
比較例3	B ₃	H ₂ ⁺ 1.5	—	1.5	無し
比較例4	B ₄	H ₂ ⁺ 2.0	—	2.0	無し
比較例5	B ₅	H ₂ ⁺ 2.5	—	2.5	有り
比較例6	B ₆	He ⁺ 0.5	—	0.5	無し
比較例7	B ₇	He ⁺ 1.0	—	1.0	無し
比較例8	B ₈	He ⁺ 1.0	H ₂ ⁺ 1.0	2.0	無し
比較例9	—	H ₂ ⁺ 1.5	He ⁺ 1.0	2.5	無し

【0019】表1及び図3から明かなように、実施例2ではプリスタが発生したのに対し、実施例2とはイオン注入順序を逆にした比較例9ではプリスタが発生しなかった。これは、実施例2では質量の重いヘリウムイオンを先に注入することで、相対的に軽い水素分子イオンに比べて効果的にイオン注入領域（注入ダメージ層、アモルファス層）が形成され、この後に注入された水素分子イオンの注入分布幅をシャープにし、更にヘリウムイオン注入により形成されたダングリングボンドが後で注入された水素分子イオンにより終端されることで、アニール処理時における結晶の再配列と気泡の凝集が促進されたためであると考えられる。これに対し、比較例9では水素分子イオンの注入により形成されたイオン注入領域の構造が上記とは異なるため、イオンのトータル注入量が十分であっても、気泡の凝集が発生しなかったためであると考えられる。

【0020】また、実施例1ではヘリウムイオン及び水素分子イオンのトータル注入量が $2.0 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ と比較的少なくてもプリスタが発生したのに対し、水素分子イオンを単独で注入した比較例1～5では水素分子イオンを $2.5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ 注入した比較例5で初めてプリスタが発生した。これは、比較例1～5のように水素分子イオンを単独で注入する場合には、注入過程初期において注入された水素分子イオンが注入ダメージ層を形成するけれども、この注入ダメージ層を形成する水素分子イオンが軽いため、ある程度多くの量を注入しなければならなかったためであると考えられる。

【0021】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、表面に絶縁層が形成された半導体基板内部への注入イオンが水素ガスイオン又は水素分子イオン及びヘリウムイオンであり、これらのイオンの注入順序がヘリウムイオンを注入した後に水素ガスイオン又は水素分子イオンを注入したので、この状態で薄膜分離熱処理を行うと、イオン注入領域で気泡が発生する。これに対し、上記とは逆に水素ガスイオン又は水素分子イオン注入後にヘリウムイオンを注入して薄膜分離熱処理を行うと、それぞれのイオン注入量が同一であっても、薄膜分離熱処理時にイ

オン注入領域に気泡が発生しない。この結果、本発明では、効率的に半導体基板のイオン注入領域に気泡を発生できる、即ち半導体基板を効率的にイオン注入領域で厚肉部と薄膜とに分離できる。

【0022】またヘリウムイオンの注入量を $0.5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ とし、かつ水素ガスイオンの注入量を $3.0 \times 10^{16} \sim 4.5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ 又は水素分子イオンの注入量を $1.5 \times 10^{16} \sim 2.0 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ とすれば、従来の水素ガスイオンを単独で注入した場合（ $5.0 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ ）又は水素分子イオンを単独で注入した場合（ $2.5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ ）と比べて同等若しくは少ないイオンのトータル注入量（ He^+ と H^+ を注入した場合のトータル注入量は $3.5 \times 10^{16} \sim 5.0 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ であり、 He^+ と H_2^+ を注入した場合のトータル注入量は $2.0 \times 10^{16} \sim 2.5 \times 10^{16} / \text{cm}^2$ である。）で、薄膜分離熱処理時にイオン注入領域に気泡を発生させることができる。この結果、短時間でイオン注入を行うことができるので、SOI基板の生産性を向上できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施形態のSOI基板の製造方法を工程順に示す図。

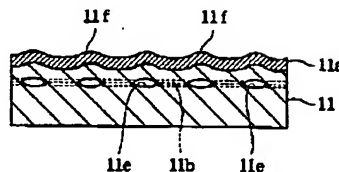
【図2】本発明実施例のヘリウムイオン及び水素分子イオンを注入した半導体基板を焼鈍したときに絶縁層表面に火ぶくれが発生した状態を模式的に示す半導体基板の断面図。

【図3】実施例1～5及び比較例1～8の半導体基板へのヘリウムイオン及び水素分子イオンの注入量を変えたときのプリスタの発生の有無を示す図。

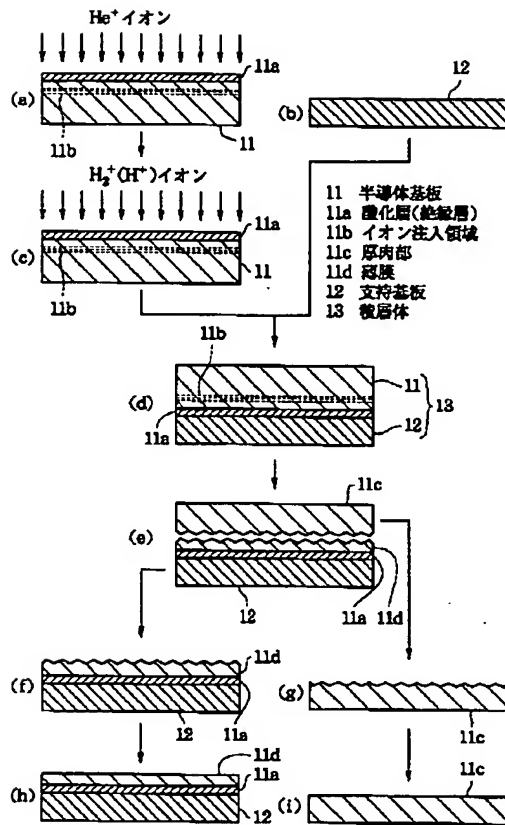
【符号の説明】

- 11 半導体基板
- 11a 酸化層（絶縁層）
- 11b イオン注入領域
- 11c 厚肉部
- 11d 薄膜
- 12 支持基板
- 13 積層体

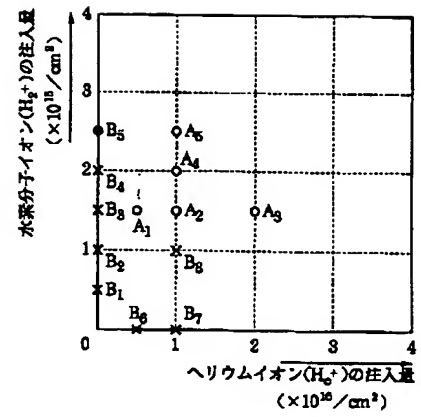
【図2】



【図 1】



【図 3】





KOKAI (Japanese Unexamined Patent Publication) No. 11-87668

Title of the Invention: Method for Manufacturing SOI Board

Publication Date: March 30, 1999

Patent Application No. 9-239174

Filing date: September 4, 1997

Applicant: Mitsubishi Materials Silicon Corporation

Abstract

Objective

Gas bubbles can be formed efficiently in an ion-implanted area of a semiconductor board by implanting hydrogen-gas ions or hydrogen-molecule ions in said board after implanting helium ions therein.

Means for Solving the Problem

Under the method for manufacturing an SOI board of the present invention, after first of all implanting hydrogen-gas ions or hydrogen-molecule ions and rare-gas ions in a semiconductor board 11 on whose surface an insulation layer 11a has been formed and forming an ion-implanted area 11b that is parallel to the insulation layer 11a inside the semiconductor board 11, the semiconductor board 11 is placed over a support board 12 to form a laminated body 13. Next, the temperature of the laminated body 13 is raised to a predetermined temperature and the semiconductor board 11 is divided at the ion-implanted area 11b into a thick part 11c and a thin film 11d. The ions implanted in the semiconductor board 11 are hydrogen-gas ions or hydrogen-molecule ions and helium ions, and these ions are implanted in the following order: after the helium ions are implanted, the hydrogen gas ions or the hydrogen-molecule ions are implanted.

SCOPE OF CLAIM FOR PATENT

Claim 1

A method for manufacturing an SOI board comprising:

a step of implanting hydrogen-gas ions or hydrogen-molecule ions and rare-gas ions in a semiconductor board 11 having on its surface an insulation layer 11a to form an ion-implanted area 11b parallel to the insulation layer 11a inside the semiconductor board 11;

a step of forming a laminated body 13 by superimposing the semiconductor board 11 on a support board 12; and

a step of dividing the semiconductor board 11 at the ion-implanted area 11b into a thick part 11c and a thin film 11d by raising the temperature of the laminated body 13 to a predetermined temperature, characterized by the fact that

the ions implanted inside the semiconductor board 11 are hydrogen-gas ions or hydrogen-molecule ions and helium ions; and that

these ions are implanted in the following order: after the helium ions are implanted, the hydrogen gas ions or the hydrogen-molecule ions are implanted.

Claim 2

The method for manufacturing an SOI board set forth in Claim 1, wherein the quantity of helium ions to be implanted is $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$, and the quantity of hydrogen-gas ions to be implanted is 3.0×10^{16} to $4.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$.

Claim 3

The method for manufacturing an SOI board set forth in Claim 1, wherein the quantity of helium ions to be implanted is $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$, and the quantity of hydrogen-molecule ions to be

implanted is 1.5×10^{16} to $2.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$.

Detailed Explanation of the Invention

[0001]

Technical Field of the Invention

The present invention relates to a method for manufacturing an SOI board having a support board with a mono-crystalline thin film thereon.

[0002]

Prior Art

This type of SOI board is drawing attention as a future ultra large scale integration circuit (an ULSI). The following are three of the existing methods for manufacturing an SOI board: 1. A method whereby silicon boards are bonded together through an insulation film; 2. A method whereby a silicon membrane is deposited on a board having an insulating board or an insulating membrane on its surface; 3. A SIMOX method whereby after highly-concentrated oxygen ions are implanted in the inside of a silicon board, the silicon board is annealed at a high temperature, and an embedded silicon oxide layer is formed at a predetermined depth from the surface of the silicon board, and the silicon layer on the side of that surface is used as the active zone.

[0003]

Recently a method for manufacturing a thin semiconductor material film having a thin film on the surface of its support board has been proposed (Japanese Unexamined Patent Publication (Kokai) No. 5-211128), the said method comprising: implanting hydrogen ions, etc. in a semiconductor wafer, and then placing this semiconductor wafer on a support board with the surface into which the ions were implanted facing downward, bringing this laminated body up to a temperature above 500°C ,

and separating the semiconductor wafer from the support board at the part wherein the hydrogen ions, etc. were implanted. A semiconductor wafer with a thin film of even thickness can be obtained using this method, if the ions can be implanted within the semiconductor wafer uniformly from the surface. Moreover, an SOI board can be manufactured using this method if an oxide layer is provided in advance on the surface of the support board.

[0004]

Problems to be Solved by the Invention

When implanting only hydrogen ions in a semiconductor wafer under the abovementioned conventional method for manufacturing a thin semiconductor material film, a relatively large amount of hydrogen ions has to be implanted, and this presents the problem that the ion implantation takes a relatively long time. Moreover, although it is mentioned in the patent gazette of the abovementioned conventional method for manufacturing a thin semiconductor material film that hydrogen-gas ions and two or more types of rare-gas ions can be used in combination, there is no reference whatsoever as to what combination is optimal or the optimal implantation order.

[0005]

The objective of the present invention is to provide a method for manufacturing an SOI board, said method enabling gas bubbles to be formed efficiently in an ion-implanted area of a semiconductor board by implanting hydrogen-gas ions or hydrogen-molecule ions in the said board after implanting rare-gas ions such as helium ions, etc. therein. Another objective of the present invention is to provide a method for manufacturing an SOI board, which enables gas bubbles to be formed in an ion-implanted area of a semiconductor board, the

total amount of ions implanted under the said method being less than the amount implanted under a conventional method under which only hydrogen ions are implanted.

[0006]

Means for Solving the Problems

After repeating experiments that involved implanting a combination of hydrogen-gas ions or hydrogen-molecule ions and rare-gas ions in a semiconductor board, the inventors of the present invention learned that the total amount of ions implanted differed greatly when the order in which the ions were implanted was changed and hence deduced the present invention.

[0007]

The invention set forth in Claim 1, as shown in Figure 1, represents an improvement over a method for manufacturing an SOI board comprising: a step of implanting hydrogen-gas ions or hydrogen-molecule ions and rare-gas ions in a semiconductor board 11 having on its surface an insulation layer 11a to form an ion-implanted area 11b parallel to the insulation layer 11a inside the semiconductor board 11; a step of forming a laminated body 13 by superimposing the semiconductor board 11 on a support board 12; and a step of dividing the semiconductor board 11 at the ion-implanted area 11b into a thick part 11c and a thin film 11d by raising the temperature of the laminated body 13 to a predetermined temperature. The characteristic structure of the said method is that the ions implanted inside the semiconductor board 11 are hydrogen-gas ions or hydrogen-molecule ions and helium ions, and that these ions are implanted in the following order: after the helium ions are implanted, the hydrogen-gas ions or the hydrogen-molecule ions are implanted. (With the SOI board described in Claim 1,) as the gas bubbles can be formed more efficiently in the

ion-implanted area of the semiconductor board than is the case when an SOI board is manufactured using a method whereby only hydrogen-gas ions or only helium ions are implanted, if the hydrogen-gas ions or hydrogen-molecule ions are implanted after the helium ions so that the total amount of ions implanted is the same (*translator's note: "the same" here although not stated in the Japanese text seems to mean "the same as the total amount implanted according to the former method"*) and the process of separating the thin film is carried out, the semiconductor board 11 breaks more easily at the ion-implanted area 11b starting from the gas holes, and is divided into a thick part 11c and a thin film 11d.

[0008]

The invention set forth in Claim 2 is the invention set forth in Claim 1, further characterized by the fact that the quantity of helium ions implanted is $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$, and the quantity of hydrogen-gas ions implanted is 3.0×10^{16} to $4.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$. The invention set forth in Claim 3 is the invention set forth in Claim 1, further characterized by the fact that the quantity of helium ions implanted is $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$, and the quantity of hydrogen-molecule ions implanted is 1.5×10^{16} to $2.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$. Under the method for manufacturing an SOI board set forth in Claim 1 or Claim 2, gas bubbles can be formed in the ion-implanted area when the board is subjected to heat treatment to separate off the thin film, with the same or less total ion-implantation amount as used under a conventional method whereby only hydrogen-gas ions are implanted.

[0009]

Mode for Carrying Out the Invention

The following is an explanation, supported by the drawings, of a mode for carrying out the present invention. As shown in Figure 1, to manufacture the SOI board of the present invention,

first an oxide layer 11a (SiO_2 layer), which is an insulation layer, is formed on the surface of a semiconductor board 11 consisting of a silicon wafer by means of thermal oxidation. Next, after implanting helium ions (He^+) at a dose of at least $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ in this board 11 (Figure 1 (a)), hydrogen ions (H^+), which are hydrogen-gas ions, at a dose of at least $3.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ or hydrogen-molecule ions (H_2^+) at a dose of at least $1.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ are implanted therein (Figure 1 (c)). The symbol "11b" represents the ion-implanted area formed within the semiconductor board 11 as a result of the implantation of helium ions or helium ions and hydrogen-gas ions. This ion-implanted area 11b is formed parallel to the oxide layer 11a. Moreover, if hydrogen-gas ions (H^+) are used, they need to be implanted at a dose that is approximately twice the ion-implantation dose required when hydrogen-molecule ions (H_2^+) are used.

[0010]

Next, a support board 12 consisting of a silicon wafer with the same surface area as the above semiconductor board 11 is prepared (Figure 1 (b)), and after cleaning both boards 11 and 12 according to an RCA method, the semiconductor board 11 is placed on top of the support board 12 at room temperature and a laminated body 13 is thereby formed (Figure 1 (d)). This laminated body 13 is brought up to a temperature ranging between 500 and 800°C in a nitrogen (N_2) atmosphere, it is kept at this temperature range for 5 to 30 minutes and subjected to a thermal treatment to separate a thin film therefrom. This treatment causes the semiconductor board 11 to split at the ion-implanted area 11b and separate into a thick part 11c at the top and a thin film 11d at the bottom (Figure 1 (e)). The reason why the temperature range is limited to 500 and 800°C during the abovementioned heat treatment is because there is the problem

that the increase in pressure within the gas bubbles due to the nitrogen (N_2) is insufficient at temperatures below $500^{\circ}C$, and at temperatures above $800^{\circ}C$, there is the problem that the surface roughness tends to increase due to the growth of the gas bubbles advancing.

[0011]

Next, the temperature of the laminated body 13 within which the above semiconductor board 11 has split at the ion-implanted area 11b, is reduced; the thick part 11c of the semiconductor board 11 (hereinafter simply the thick part 11c) is removed from the support board 12 that has been overlaid with the thin film 11d through the oxide layer 11a (hereinafter simply the support board 12), the temperature of this support board 12 is raised to 900 to $1200^{\circ}C$ in an oxygen (O_2) or nitrogen (N_2) atmosphere, it is kept at this temperature range for 30 to 120 minutes and subjected to a thermal treatment (Figure 1 (f)). The purpose of this heat treatment is to strengthen the bond between the thin film 11d and the support board 12. In addition, the separation planes of the support board 12 and the thin film 11d are each touch polished and smoothed (Figure 1(h) and Figure 1(i).) As a result, the support board 12 becomes an SOI board, and the thick part 11c can be reused as a support board or a semiconductor board in the manufacture of an SOI board.

Moreover, an oxide layer (SiO_2 layer), which is an insulation layer, was formed on the surface of the semiconductor board by means of thermal oxidation under the above mode of carrying out the invention, but it is also fine to form an insulation layer on the surface of the semiconductor board by means of a nitriding treatment, etc.

[0012]

Embodiments

The following is a detailed explanation, based on the drawings, of the embodiments of the present invention.

Embodiment 1

As shown in Figure 1(a) and Figure 1(c), a semiconductor board 11 consisting of a silicon wafer with a thickness of 625 μm was thermally oxidized and an oxide layer 11a with a thickness of 400 nm was thereby formed on the surface of the said board (Figure 1(a)). Voltage of 90 keV was applied to this semiconductor board 11 and $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ of helium ions (He^+) implanted therein (Figure 1(a).) Voltage of 120 keV was subsequently applied to the said board and $1.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ of hydrogen-molecule ions (H_2^+) implanted therein (Figure 1(c).) This semiconductor board was called Embodiment 1.

Embodiment 2

A semiconductor board produced in the same way as the abovementioned Embodiment 1 except that the implantation amount for the helium ions and the hydrogen-molecule ions was $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ and $1.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ respectively, was called Embodiment 2.

[0013]

Embodiment 3

A semiconductor board produced in the same way as the abovementioned Embodiment 1 except that the implantation amount for the helium ions and the hydrogen-molecule ions was $2.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ and $1.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ respectively, was called Embodiment 3.

Embodiment 4

A semiconductor board produced in the same way as the abovementioned Embodiment 1 except that the implantation

amount for the helium ions and the hydrogen-molecule ions was $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ and $2.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ respectively, was called Embodiment 4.

Embodiment 5

A semiconductor board produced in the same way as the abovementioned Embodiment 1 except that the implantation amount for the helium ions and the hydrogen-molecule ions was $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ and $2.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ respectively, was called Embodiment 5.

[0014]

Comparative Example 1

A semiconductor board produced in the same way as the abovementioned Embodiment 1 except that helium ions were not implanted and that the hydrogen-molecule ions only were implanted at a dose of $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$, was called Comparative Example 1.

Comparative Example 2

A semiconductor board produced in the same way as the abovementioned Comparative Example 1 except that the hydrogen-molecule ions were implanted at a dose of $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$, was called Comparative Example 2.

Comparative Example 3

A semiconductor board produced in the same way as the abovementioned Comparative Example 1 except that the hydrogen-molecule ions were implanted at a dose of $1.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$, was called Comparative Example 3.

[0015]

Comparative Example 4

A semiconductor board produced in the same way as the abovementioned Comparative Example 1 except that the hydrogen-molecule ions were implanted at a dose of $2.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$, was called Comparative Example 4.

Comparative Example 5

A semiconductor board produced in the same way as the abovementioned Comparative Example 1 except that the hydrogen-molecule ions were implanted at a dose of $2.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$, was called Comparative Example 5.

Comparative Example 6

A semiconductor board produced in the same way as the abovementioned Comparative Example 1 except that hydrogen-molecule ions were not implanted and that helium ions only were implanted at a dose of $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$, was called Comparative Example 6.

[0016]

Comparative Example 7

A semiconductor board produced in the same way as the abovementioned Comparative Example 6 except that the helium ions were implanted at a dose of $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$, was called Comparative Example 7.

Comparative Example 8

A semiconductor board produced in the same way as the abovementioned Embodiment 1 except that the implantation amount for the helium ions and the hydrogen-molecule ions was $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ and $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ respectively, was called Comparative Example 8.

Comparative Example 9

A semiconductor board produced in the same way as Embodiment 2 except that the order in which the ions were implanted was reversed, was called Comparative Example 9. In other words, a semiconductor board that was implanted with helium ions at a dose of $1.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ after it had been implanted with hydrogen-molecule ions at a dose of $1.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ was called Comparative Example 9.

[0017]

Comparative Testing and Evaluations

Each of the semiconductor boards from the Embodiments 1 to 5 and the Comparative Examples 1 to 9 were subjected to an annealing process the same as the thermal treatment for separating the thin film, in other words, kept at 600°C in a nitrogen (N_2) atmosphere for 30 minutes, and then examined to see whether or not blisters had formed on the surface of the oxide layer of each semiconductor board. The results of this examination are shown in Table 1 and Figure 3. Moreover, the reason why the surfaces were examined for the existence of blisters after the annealing process is because to produce an SOI board by combining the implantation of helium ions and hydrogen-molecule ions and bonding technology, it is necessary, as shown in Figure 2, for the gas bubbles 11e to form in the ion-implanted area 11b of the semiconductor board 11 after the annealing process when it is not bonded to anything, and if these gas bubbles 11e form, the blisters 11f will form on the surface of the oxide layer 11a. In other words, it is because it is possible to determine whether or not the gas bubbles 11e have formed in the ion-implanted area 11b by (checking) whether or not the blisters 11f have formed. Moreover, the open circles and the black circles in Figure 3 indicate that blisters have formed, and the x marks indicate that blisters have not formed.

[0018]

Table 1

		Ions Implanted the First Time and the Implantation Dose of Same ($\times 10^{16}/\text{cm}^2$)		Ions Implanted the Second Time and the Implantation Dose of Same ($\times 10^{16}/\text{cm}^2$)		Total Amount of Ions Implanted ($\times 10^{16}/\text{cm}^2$)	Whether or Not Blisters Formed
Embodiment 1	A ₁	He ⁺	0.5	H ₂ ⁺	1.5	2.0	Yes
Embodiment 2	A ₂	He ⁺	1.0	H ₂ ⁺	1.5	2.5	Yes
Embodiment 3	A ₃	He ⁺	2.0	H ₂ ⁺	1.5	3.5	Yes
Embodiment 4	A ₄	He ⁺	1.0	H ₂ ⁺	2.0	3.0	Yes
Embodiment 5	A ₅	He ⁺	1.0	H ₂ ⁺	2.5	3.5	Yes
Comparative Example 1	B ₁	H ₂ ⁺	0.5	-		0.5	No
Comparative Example 2	B ₂	H ₂ ⁺	1.0	-		1.0	No
Comparative Example 3	B ₃	H ₂ ⁺	1.5	-		1.5	No
Comparative Example 4	B ₄	H ₂ ⁺	2.0	-		2.0	No
Comparative Example 5	B ₅	H ₂ ⁺	2.5	-		2.5	Yes
Comparative Example 6	B ₆	He ⁺	0.5	-		0.5	No
Comparative Example 7	B ₇	He ⁺	1.0	-		1.0	No
Comparative Example 8	B ₈	He ⁺	1.0	H ₂ ⁺	1.0	2.0	No
Comparative Example 9	-	H ₂ ⁺	1.5	He ⁺	1.0	2.5	No

[0019]

As is evident from Table 1 and Figure 3, blisters formed in the case of Embodiment 2, but not in the case of Comparative Example 9 for which the order in which the ions were implanted was the reverse of that for Embodiment 2. It is conceivable that by implanting the helium ions, which are heavy by mass, first in the case of Embodiment 2, as opposed to the relatively light hydrogen-molecule ions, the ion-implanted area (implantation damage area, amorphous layer) was effectively formed, and that this in turn sharpened the implantation distribution width of the hydrogen-molecule ions thereafter implanted, and in addition that the rearrangement of crystals and the cohesion of the gas bubbles during the annealing process

were accelerated by the dangling bonds, which had been formed as a result of the implantation of the helium ions, being terminated by the hydrogen-molecule ions that were implanted afterwards. In contrast to this then, it is conceivable that as the structure of the ion-implanted area formed as a result of the implantation of the hydrogen-molecule ions in the case of Comparative Example 9 differs from the one described above, that the cohesion of the gas bubbles did not occur even though the total amount of ions implanted was sufficient.

[0020]

Moreover, even though the total amount of helium ions and hydrogen-molecule ions implanted in the case of Embodiment 1 was relatively small, being $2.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$, blisters formed, but in the cases of the Comparative Examples 1 to 5, where hydrogen-molecule ions only were implanted, blisters formed only in the case of the Comparative Example 5, where hydrogen-molecule ions were implanted at a dose of $2.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$. It is conceivable that this is because, in cases where hydrogen-molecules only are implanted such as the Comparative Examples 1 to 5, the hydrogen-molecule ions form an implantation damage layer early on in the implantation process, but as the hydrogen-molecule ions that form this implantation damage layer are light, a rather large amount had (*translator's note: the past tense is used in the Japanese text*) to be implanted.

[0021]

Effects of the Invention

As described thus far, according to the present invention, if the ions implanted in a semiconductor board on whose surface an insulation layer has been formed are hydrogen-gas ions or hydrogen-molecule ions and helium ions, and if the heat treatment to separate a thin film is carried out after these

ions have been implanted in the order of the helium ions followed by the hydrogen-gas ions or hydrogen-molecule ions, gas bubbles will form in the ion-implanted area. In contrast, if the heat treatment to separate a thin film is carried out after the ions have been implanted in the opposite order to the above, that is the helium ions are implanted after the hydrogen-gas ions or the hydrogen-molecule ions, gas bubbles will not form in the ion-implanted area even if the amount of ions implanted is the same in both cases. As a result, gas bubbles can be formed efficiently in the ion-implanted area of a semiconductor board under the present invention. In other words, a semiconductor board can be efficiently separated into a thick part and a thin film at the ion-implanted area.

[0022]

Moreover, if the helium ions are implanted at a dose of $0.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ and the hydrogen-gas ions are implanted at a dose of $3.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ to $4.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ or the hydrogen-molecule ions implanted at a dose of $1.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ to $2.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$, gas bubbles can be caused to form in the ion-implanted area during the heat treatment to separate a thin film with the same or a smaller total ion-implantation amount (the total-implantation amount is $3.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ to $5.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ in cases where He^+ and H^+ are implanted and $2.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ to $2.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$ in cases where He^+ and H_2^+ are implanted) as in conventional cases where hydrogen-gas ions only are implanted ($5.0 \times 10^{16}/\text{cm}^2$) or where hydrogen-molecules only are implanted ($2.5 \times 10^{16}/\text{cm}^2$). Consequently, the ions can be implanted in a short time and the productivity of (the manufacturing of) an SOI board can be improved.

Brief Explanation of the Drawings

Figure 1 is a drawing that shows the sequence of the processes

of the method for manufacturing an SOI board of the mode for carrying out the present invention.

Figure 2 is a sectional diagram of a semiconductor board, showing a typical state of the insulation-layer surface whereon blisters have formed during the annealing of a semiconductor board wherein helium ions and hydrogen-molecule ions have been implanted in an embodiment of the present invention.

Figure 3 is a diagram that shows whether or not blisters formed on the semiconductor boards of Embodiments 1 to 5 and Comparative Examples 1 to 8 when the amount of helium ions and hydrogen-molecule ions implanted in the said boards was changed.

Explanation of the Codes

- 11: semiconductor board
- 11a: oxide layer (insulation layer)
- 11b: ion-implanted area
- 11c: thick part
- 11d: thin film
- 12: support board
- 13: laminated body

Figure 1

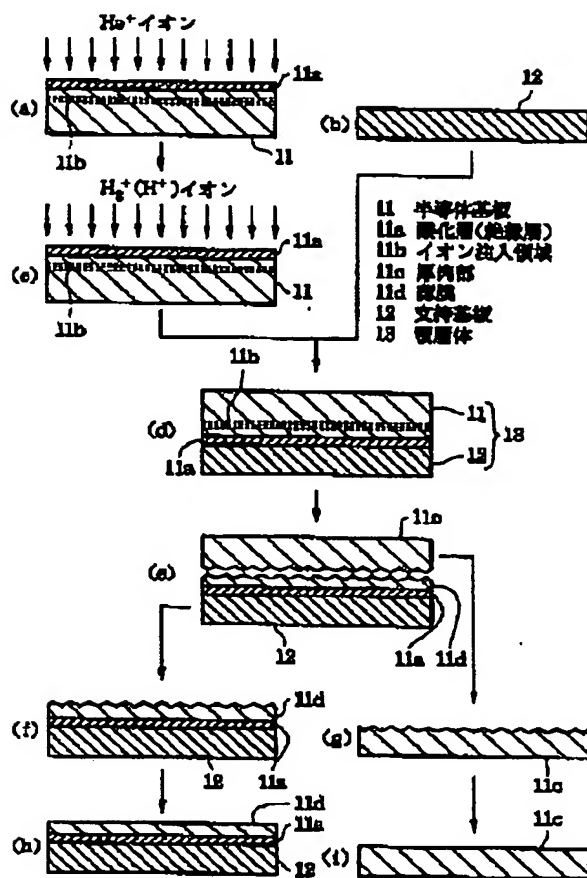


Figure 2

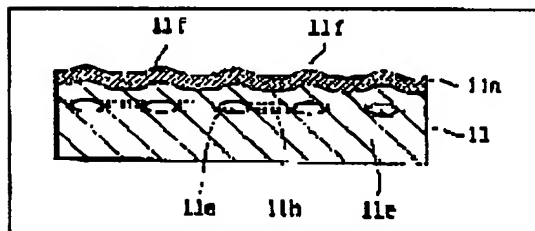


Figure 3

